

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-039530

(43)Date of publication of application : 08.02.2000

(51)Int.Cl.

G02B 6/122
G02B 6/13

(21)Application number : 10-206276

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 22.07.1998

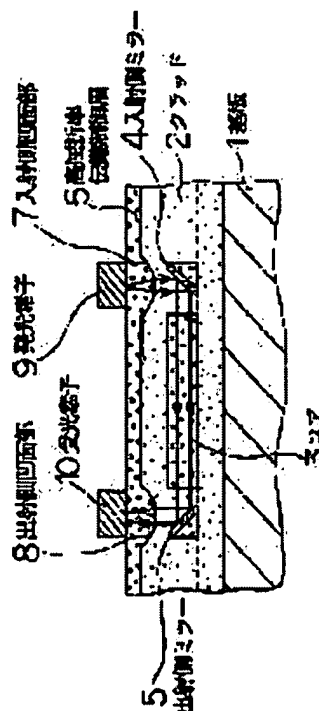
(72)Inventor : OGAWA TAKESHI

(54) OPTICAL SIGNAL TRANSMISSION SYSTEM AND ITS MANUFACTURE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve connection efficiency of input/output beams even when a surface light emitting element and a surface light receiving element are used in an optical signal transmission system having an optical waveguide.

SOLUTION: A high refractive index propagation control layer 6 with a refractive index higher than it is laminated on the upper surface of the clad 2 of the optical waveguide, and an incident side recessed surface part 7 and an emission side recessed surface part 8 are formed on a part that the interface between the clad 2 and the high refractive index propagation control layer 6 is overlapped by an optical path in order to suppress the radiation of a propagation beam on the optical path from a light emitting element 9 to an incident side mirror 4 and the optical path from an emission side mirror 5 to a light receiving element 10. Since the propagation beam going toward the incident side mirror 4 and the light receiving element 10 is converged by the refractive index of the high refractive index propagation control layer 6 and the lens effect of the recessed surface part, the connection efficiency is improved, and reliability in signal transmission is improved. In the case of laminating the propagation control layer of the refractive index lower than this on the clad 2, a projected surface part instead of the recessed surface part is formed.



* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1]To at least one [which results to said photo detector from an optical path in which it is lightwave signal transmission systems characterized by comprising the following, and results / from said light emitting device / to said incidence side mirror member, and/or said emission side mirror member] halfway part of an optical path. Lightwave signal transmission systems provided with shape as which it is placed between by propagation control layer which consists of material in which said clad part differs from a refractive index, and an interface of this propagation control layer and this clad part may complete propagation light towards said reflection side mirror member and/or said photo detector.

An optical waveguide which consists of a core part and a clad part which surrounds this core part, and extends in field inboard of this substrate on a substrate.

A light emitting device for entering light in a thickness direction of a base also including said clad part.

An incidence side mirror member for bending a direction of movement of light from said light emitting device, and making it enter into said optical waveguide.

A photo detector for receiving catoptric light by emission side mirror member which bends a direction of movement of light emitted from said optical waveguide to a thickness direction of a base also including said clad part, and said emission side mirror member.

[Claim 2]Said propagation control layer which consists of material with a larger refractive index than said clad part, The lightwave signal transmission systems according to claim 1, wherein an interface of this propagation control layer and this clad part which it is placed between halfway parts of an optical path from said light emitting device to said incidence side mirror member, and overlap with this optical path is made into a convex toward this incidence side mirror member.

[Claim 3] Said propagation control layer which consists of material with a larger refractive index than said clad part, The lightwave signal transmission systems according to claim 1, wherein an interface of this propagation control layer and this clad part which it is placed between halfway parts of an optical path which result from said emission side mirror member to said photo detector, and overlap with this optical path is made into a convex toward this emission side mirror member.

[Claim 4] Said propagation control layer which consists of material whose refractive index is smaller than said clad part, The lightwave signal transmission systems according to claim 1, wherein an interface of this propagation control layer and this clad part which it is placed between halfway parts of an optical path which result from said light emitting device to said incidence side mirror member, and overlap with this optical path is made into a convex toward this light emitting device.

[Claim 5] Said propagation control layer which consists of material whose refractive index is smaller than said clad part, The lightwave signal transmission systems according to claim 1, wherein an interface of this propagation control layer and this clad part which it is placed between halfway parts of an optical path which result from said emission side mirror member to said photo detector, and overlap with this optical path is made into a convex toward this photo detector.

[Claim 6] Said core part, said clad part, and the lightwave signal transmission systems according to claim 1, wherein said each of propagation control layers consists of polymer materials.

[Claim 7] A manufacturing method of lightwave signal transmission systems characterized by comprising the following.

An optical waveguide which extends on a substrate at field inboard of this board.

The 1st process of forming an incidence side mirror member and an emission side mirror member for being allotted to the incidence edge [of this optical waveguide], and emitting end side, respectively, and bending an optical path between a thickness direction of a base, and field inboard of a substrate.

The 2nd process of forming a concave part by removing selectively a layer part of a clad part of said optical waveguide [above said incidence side mirror member and/or said emission side mirror member].

The 4th process of allocating the 3rd process of laminating a propagation control layer which consists of material with a bigger refractive index than said clad part all over a base, a light emitting device which emits light towards said incidence side mirror on said propagation control layer, and a photo detector which receives light from said emission side mirror.

[Claim 8] In said 2nd process, an etching mask which has an opening above said incidence

side mirror member and/or said emission side mirror member is formed in the surface of said clad part, A manufacturing method of the lightwave signal transmission systems according to claim 7 forming said concave part by etching a layer part of this clad part expressed in this opening isotropic.

[Claim 9]A manufacturing method of the lightwave signal transmission systems according to claim 7 forming a clad part of said optical waveguide using a photosensitive material at said 1st process, and forming said concave part by performing selective exposure and a development which passed a photo mask at said 2nd process.

[Claim 10]A manufacturing method of the lightwave signal transmission systems according to claim 7, wherein each forms said optical waveguide and said propagation control layer using a polymer material.

[Translation done.]

* NOTICES *

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]In the lightwave signal transmission systems which have an optical waveguide, this invention raises the coupling efficiency of input-and-output light, also when using a surface light element and a field photo detector, and it relates to the structure which enables stable lightwave signal transmission, and the method of manufacturing this simple.

[0002]

[Description of the Prior Art]These working speeds and accumulation scales improve by progress of IC art or LSI technology, and highly-efficient-izing of microprocessor ** and large scale-ization of a memory chip are progressing quickly. Under such a situation, a high speed and densification, and electric wiring delay of signal wiring pose an obstacle for the above-mentioned highly-efficient-izing. As art which can solve this problem, optical interconnection (optical wiring) attracts attention. Although it is thought that application to various hierarchies, such as between the chips between the boards between apparatus devices and in an apparatus device and in a board, is possible for optical wiring, the lightwave signal transmission systems which make an optical waveguide a transmission line are effective in a comparatively short-distance signal transmission like [during a chip], for example.

[0003]Here the optical wiring which uses an optical waveguide For example, when applying to the transmission line for multi chip modules (MCM) to which between LSI is connected, When using as the light emitting device of the transmitting side end face luminescence type the laser diode (LD) and light emitting diode (LED) which are well used from the former, this light emitting device can be allotted to near [of the incident end face of an optical waveguide]. However, when using the laser diode of the surface-emitting type of vertical cavity mold face luminescence laser (VCSEL) advantageous to power-saving or the formation of a field array etc. as a light emitting device, a structure top is difficult for taking the above arrangement.

Since this is a field photo detector when using a photo-diode as a photo detector, it is difficult to allot too near [of the emitting end surface of an optical waveguide].

[0004]As one of the solution of this, as shown in drawing 12, a light emitting device and a photo detector are arranged above an optical waveguide, and the lightwave signal transmission systems considered as the composition which bends an optical path using a mirror member between the thickness direction of a base and the field inboard of a substrate also including this optical waveguide are known. In drawing 12, the optical waveguide which extends in the field inboard is formed on the substrate 31. This optical waveguide surrounds the core 33 by the clad 32 which consists of material whose refractive index is lower than this. In a process top, the above-mentioned clad 32 is divided and formed in the lower clad layer 32L and the upper clad layer 32U. The incidence side mirror 34 and the emission side mirror 35 which have the light reflection surface sloping 45 degrees are arranged on the incidence edge [of the core 33], and emitting end side from a substrates face, and the light emitting device 36 and the photo detector 37 are arranged on these upper parts, respectively.

[0005]The above-mentioned light emitting device 36 places a light-emitting surface upside down, and is mounted in the upper surface of the clad 32. As shown by the figure Nakaya seal, the light emitted from this light emitting device 36, After following the inside of the clad 32 to the thickness direction (downward direction) of a base first, being continuously reflected with the incidence side mirror 34, entering into the core 33 and spreading the inside of this core 33, it is reflected with the emission side mirror 35, he follows a direction of movement to the thickness direction (rising direction) of a base, and it enters into the photo detector 37. In drawing 12, it is drawn so that light may go the inside of the above-mentioned core 33 straight on, but this is an expedient top of a graphic display to the last, and it cannot be overemphasized that it spreads while the light which entered within the limits of the predetermined critical angle actually repeats total internal reflection by the interface of the core 33 and the clad 32.

[0006]The manufacturing process in the case of forming the optical waveguide of these lightwave signal transmission systems using a polymer material is as outline follows. First, on the substrate 31 which consists of materials, such as silicon and glass, as shown in drawing 10, For example, a core layer with a high refractive index is laminated in this order by a spin coat and heat treatment rather than the lower clad layer 32L and this lower clad layer 32L, then this core layer is patterned, and the core 33 is formed. This patterning is performed by the dry etching through the metal mask which is not illustrated, for example.

[0007]Next, as shown in drawing 11, the incidence side mirror 34 and the emission side mirror 35 are arranged to the incidence edge [of the above-mentioned core], and emitting end side. About both these mirrors 34 and 35, by drawing 11, it is illustrated as the reflection film is laminated on the inclined plane of the suitable substrate which has triangular sectional shape,

but this is also an expedient expression, and the inclined plane of a substrate may be used as a reflector as it is, without forming a reflection film. When forming this substrate using the same material layer as the core 33, in the stage shown in drawing 10 shown above, it can also leave the portion which serves as this substrate to the both ends of the core 33. The upper clad layer 32U is evenly formed through a spin coat and heat treatment all over a base. Besides, the part cladding layer 32U consists of the same material as the lower clad layer 32L, and constitutes the clad 32 which has two incomes with this lower clad layer 32L, and encloses the core 33. Then, in the upper surface of this clad 32, if the light emitting device 36 and the photo detector 37 are mounted in the position which meets the incidence side mirror 34 and the emission side mirror 35, respectively, the lightwave signal transmission systems shown in drawing 12 shown above can be constituted.

[0008]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]However, the light from the light emitting device 36 has an certain amount of angle of divergence, and is emitted, and the light from the emitting end of the core 33 is also emitted with an certain amount of angle of divergence. For this reason, in order to raise the coupling efficiency of the light between the components of lightwave signal transmission systems, it is necessary to optimize the distance between the light emitting device 36 and the incidence side mirror 34, and the distance between the emission side mirror 35 and the photo detector 37 according to the above-mentioned angle of divergence.

[0009]However, even if this optimization is performed to one certain waveguide, in the lightwave signal transmission systems of a lamination type, the problem that coupling efficiency differs between each class will arise. This problem is explained referring to drawing 13. Drawing 13 is an example of the lightwave signal transmission systems by which the optical waveguide of three layers was laminated by the thickness direction of the base. The component of the 1st layer which is a layer right above the substrate 41 side The clad 42a, the core 43a, The incidence side mirror 44a, emission side mirror 45a; The component of the 2nd layer on it Clad 42b, The core 43b, the incidence side mirror 44b, emission side mirror 45b; Let the components of the 3rd layer on it be the clad 42c, the core 43c, the incidence side mirror 44c, and the emission side mirror 45c further. The light emitting devices 46a, 46b, and 46c and the photo detectors 47a, 47b, and 47c corresponding to these each class are arranged by the upper surface of the clad 42c, respectively. Each of each components of these lightwave signal transmission systems follows a spacial configuration which does not block the optical coupling of other layers mutually.

[0010]Here, when all of the performance of the light emitting devices 46a, 46b, and 46c have an angle of divergence of a same and equal light and all of the performance of the photo detectors 47a, 47b, and 47c have same and equal light-receiving sensitivity, coupling

efficiency will fall [light path length's longer layer]. That is, by the 2nd layer, even if the light from the light emitting device 46c can reach even to the photo detector 47c through the core 43c in the 3rd layer efficiently, in order that the light introduced into a core under the influence of an angle of divergence at 43b may decrease, the amount of light incidence to the photo detector 47b decreases. The decline in this coupling efficiency will be further aggravated about the 1st layer in which light path length is still longer. Then, the coupling efficiency of light is improved and an object of this invention is to provide the simple manufacturing method to the lightwave signal transmission systems which cancel the light-path-length dependency also when an optical waveguide is laminated, and make the stable signal transmission possible.

[0011]

[Means for Solving the Problem]Lightwave signal transmission systems of this invention, It is made as [change / using a mirror member provided in the incidence edge / in an optical waveguide which extends in field inboard of a substrate /, and emitting end side, respectively / a direction of movement of light in an inside of this optical waveguide, and a direction of movement of propagation light in front and back stages of this optical waveguide], To at least one halfway part of an optical path in which it results [from a light emitting device] to an incidence side mirror member, or an optical path in which it results [from an emission side mirror member] to a photo detector. A propagation control layer which consists of material in which a clad part of an optical waveguide differs from a refractive index is made to intervene, And it is made as [raise / coupling efficiency] by giving an incidence side mirror member and a certain shape as which it is and propagation light may be completed at least towards one side of a photo detector to an interface of this propagation control layer and this clad part.

[0012]as the structure of the above-mentioned lightwave signal transmission systems -- especially -- achievement from a viewpoint of a manufacturing process -- what is considered to be easy, It is the structure where an interface between a propagation control layer and a clad part is made into a convex toward either [at least] an incidence side mirror member or an emission side mirror member, and a refractive index of a propagation control layer is moreover made larger than a refractive index of a clad part. It is because this convex can be formed if a layer part of a clad is removed selectively.

[0013]

[Embodiment of the Invention]The effect by the refractive index of the propagation control layer by which it is placed between the halfway parts of the optical path in which the lightwave signal transmission systems of this invention result [from a light emitting device] to an incidence side mirror member, the optical path in which it results [from an emission side mirror member] to said photo detector, or the optical path of both these, With combination with the effect of the interface shape of this propagation control layer and this clad part, the convergency of the propagation light in the thickness direction of a base including this clad part is raised. It may be

placed between one half-way parts of the above-mentioned optical paths by the propagation control layer, and one of the two's coupling efficiency improves to some extent. However, it is obvious that the direction in the case of being placed between both optical paths can raise the coupling efficiency of the whole system. Especially in the most general formation process of a thin film on a base, since this thin film is laminated all over a base unless it patterns, if a propagation control layer is laminated all over the surface of a clad part, this layer will intervene on both optical paths inevitably.

[0014] You may be placed between what kind of places of an optical path by the above-mentioned propagation control layer, as long as it contacts the clad part which differs in a refractive index, and directly and an interface can be formed. Therefore, a propagation control layer does not necessarily need to constitute the outermost layer part of a base. The shape of the above-mentioned interface of the portion which overlaps with an optical path changes with size relation of the refractive index of a propagation control layer and a clad part. That is, when the refractive index of a propagation control layer is larger than the refractive index of a clad part, let the above-mentioned interface be a convex toward an incidence side mirror, emission side mirrors, or these both. On the contrary, when the refractive index of a propagation control layer is smaller than the refractive index of a clad part, let the above-mentioned interface be a convex toward a light emitting device, photo detectors, or these both.

[0015] By the way, as conditions required of the clad part which constitutes an optical waveguide, a core part, and the propagation control layer further provided in this invention, That transparency is high and there is little waveguide loss, there being little aging of a refractive index or volume, and excelling [in heat resistance]-in consideration of solder mounting of luminescence and photo detector ** are mentioned. As a material which fulfills these conditions, polymer materials, such as ultraviolet curing resin, such as an epoxy system and acrylic, and polyimide, are known for the inorganic material with quartz and organic materials. Especially a polymer material is low-cost, production by a low temperature process is possible, and, moreover, it has the merit that the correspondence to large-area-izing is also easy.

[0016] What is necessary is just to form a concave part in the layer part of a clad part by a certain method, in making the interface of a propagation control layer and a clad part into a convex toward either [at least] an incidence side mirror or an emission side mirror. The way divide roughly and isotropic etching removes the layer part of a clad part as a formation method of this concave part, and the method of combining selective exposure and development can be considered. In performing isotropic etching, in the surface of a clad part, the etching mask which has an opening in either [upper / at least] an incidence side mirror member or an emission side mirror member is formed, and it removes the layer part of this clad part expressed in this opening. The wet etching using a suitable etching reagent or the dry

etching which makes a radical reaction a subject can perform isotropic etching typically.

[0017]On the other hand, in order to form a concave part by selective exposure and development, it will be the requisite that the clad part is constituted with the photosensitive material represented by photoresist. And if it takes into consideration making the advance part of the photochemical reaction by exposure limit to the layer part of a clad part, it is preferred to use the photosensitive materials of the positive type with which depolymerize advances in an exposure part especially practically.

[0018]

[Example]Hereafter, the concrete example of this invention is described.

[0019]Example 1 -- here, the example of 1 composition of the lightwave signal transmission systems which have a high propagation control layer of a refractive index rather than a clad part and by which the interface of a clad part and a propagation control layer was made the convex toward the incidence side mirror and the emission side mirror is explained, referring to drawing 1. In drawing 1, the optical waveguide which extends in the field inboard is formed on the substrate 1. This optical waveguide surrounds the core 3 by the clad 2 which consists of material whose refractive index is lower than this. In a process top, the above-mentioned clad 2 is divided and formed in the lower clad layer 2L and the upper clad layer 2U. The incidence side mirror 4 and the emission side mirror 5 which have the light reflection surface sloping 45 degrees are arranged on the incidence edge [of the core 3], and emitting end side from the substrates face.

[0020]On the above-mentioned clad 2, the high-refractive-index propagation control layer 6 is laminated. The convex part is formed in the interface of the clad 2 and the high-refractive-index propagation control layer 6 toward the above-mentioned incidence side mirror 4 and the emission side mirror 5, respectively. These convex parts will be the concave part 7, i.e., the incidence side concave part, and the outgoing radiation side concave part 8, if it thinks on the basis of the surface of the clad 2. In the surface of the above-mentioned high-refractive-index propagation control layer 6, the photo detector 10 is arranged on the part corresponding to the light emitting device 9 and the above-mentioned outgoing radiation side concave part 8, respectively in the part corresponding to the above-mentioned incidence side concave part 7.

[0021]The above-mentioned light emitting device 9 places a light-emitting surface upside down, and the upper surface of the high-refractive-index propagation control layer 6 is equipped with it. The light emitted from this light emitting device 9 spreads the inside of the high-refractive-index propagation control layer 6 with a fixed angle of divergence, as shown by the figure Nakaya seal, but it is refracted in the place which reached the incidence side concave part 7, turns into propagation light which it converged almost in parallel, and spreads the inside of the clad 2. After being reflected with the incidence side mirror 4, and propagation light's entering into the core 3 and spreading the inside of this core 3, it is reflected with the

emission side mirror 5, and it spreads the inside of the clad 2 to the thickness direction (rising direction) of a base again. Although it emits a little, propagation light is refracted in the place which reached the outgoing radiation side concave part 8, spreads the inside of the high-refractive-index propagation control layer 6, converging, and enters into the photo detector 10 also in the meantime.

[0022]In drawing 1, it is drawn so that light may go the inside of the above-mentioned core 3 straight on, but this is an expedient top of a graphic display to the last, and it cannot be overemphasized that it spreads while the light which entered within the limits of the predetermined critical angle actually repeats total internal reflection by the interface of the core 3 and the clad 2. Thus, according to the above-mentioned lightwave signal transmission systems, since it converges propagation light in the preceding paragraph and the latter part of an optical waveguide, respectively, the coupling efficiency of the light emitting device 9 and an optical waveguide and the coupling efficiency of an optical waveguide and the photo detector 10 have been improved.

[0023]Example 2 -- here, the example of 1 composition of the lightwave signal transmission systems of the lamination type which laminated the structure which provided the concave part in the interface of a high-refractive-index propagation control layer and a clad part to the three-stage is explained, referring to drawing 2. Drawing 2 is an example of the lightwave signal transmission systems by which the optical waveguide of three layers was laminated by the thickness direction of the base. The component of the 1st layer which is a layer right above the substrate 11 side The clad 12a, the core 13a, The incidence side mirror 14a, the emission side mirror 15a, and high-refractive-index propagation control layer 16a; The component of the 2nd layer on it Clad 12b, The core 13b, the incidence side mirror 14b, the emission side mirror 15b, and high-refractive-index propagation control layer 16b; Let the components of the 3rd layer on it be the clad 12c, the core 13c, the incidence side mirror 14c, the emission side mirror 15c, and the high-refractive-index propagation control layer 16c further.

[0024]In each class, the incidence side concave parts 17a, 17b, and 17c and the outgoing radiation side concave parts 18a, 18b, and 18c are formed in the field side of the clads 12a, 12b, and 12c and the high-refractive-index propagation control layers 16a, 16b, and 16c, respectively. In the example shown in drawing 2, in order to make production easy, all the formed patterns of the concave part in each class are made common. The light emitting devices 19a, 19b, and 19c and the photo detectors 20a, 20b, and 20c corresponding to these each class are arranged by the upper surface of the high-refractive-index propagation control layer 16c of the top layer, respectively. Each of each components of these lightwave signal transmission systems follows a spacial configuration which does not block the optical coupling of other layers mutually.

[0025]In this composition, the light from the light emitting device 19a passes the incidence side

[three places] concave parts 17c, 17b, and 17a and the clads 12c, 12b, and 12a of three layers, A course can be bent with the incidence side mirror 14a, the core 13a of the optical waveguide of the 1st layer is passed, it is reflected by the emission side mirror 15a, the outgoing radiation side [three places] concave parts 18a, 18b, and 18c and the clads 12a, 12b, and 12c of three layers are passed, and light is received by the photo detector 20a. Similarly, the light from the light emitting device 19b passes the incidence side [two places] concave parts 17c and 17b in the preceding paragraph of the optical waveguide of the 2nd layer, and passes the outgoing radiation side [two places] concave parts 18b and 18c in the latter part. The light from the light emitting device 19c passes the incidence side [one place] concave part 17c in the preceding paragraph of the optical waveguide of the 3rd layer, and passes the outgoing radiation side [one place] concave part 18c in the latter part. That is, many concave parts will be passed in the preceding paragraph and the latter part of an optical waveguide as the light introduced into the optical waveguide which is in a deep layer from the surface of a base, and it will converge propagation light at every time. Therefore, the light-path-length dependency of coupling efficiency like before is canceled, and good coupling efficiency is attained also in the layer of which depth.

[0026]In the example shown in drawing 2, the eases of production were borne in mind and it also has the concave part which is covered by the mirror of an upper layer writing all the formed patterns of the concave part in each class as it is common depending on a layer, and has not contributed to convergence of light at all. Then, the formed pattern of a concave part is changed for each class, and it may be made not to form from the beginning the concave part of the part which does not contribute to convergence of light. The propagation light which passes the optical waveguide which is in a deep part from the surface of a base on the other hand will also pass many concave parts of the same form. Of course, this is available and it is also possible by optimizing the refractive index of a high-refractive-index propagation control layer, and the curvature of a concave part for each class to reduce the number of the concave parts which should pass.

[0027]Example 3 -- here, the manufacturing process in the case of forming a concave part by etching is explained, referring to drawing 3 thru/or drawing 6, using a polymer material as the optical waveguide of the lightwave signal transmission systems shown in drawing 1 shown above, and a component of the high-refractive-index propagation control layer 6. First, on the substrate 1 which consists of materials, such as silicon and glass, as shown in drawing 3, For example, through the spin coat of polymethylmethacrylate, and heat treatment, rather than the lower clad layer 2L and this lower clad layer 2L, the core layer with a high refractive index was laminated in this order, then this core layer was patterned, and the core 3 was formed. This patterning is performed by the dry etching through the metal mask which is not illustrated, for example.

[0028]Next, as shown in drawing 4, the incidence side mirror 4 and the emission side mirror 5 were formed in the incidence edge [of the above-mentioned core], and emitting end side. About both these mirrors 4 and 5, by drawing 4, it is illustrated as the reflection film is laminated on the inclined plane of the suitable substrate which has triangular sectional shape, but this is also an expedient expression, and the inclined plane of a substrate may be used as a reflector as it is, without forming a reflection film. When forming this substrate using the core 3 and an identical material layer, in the stage shown in drawing 3 shown above, it can also leave the portion which serves as this substrate to the both ends of the core 3. The upper clad layer 2U is evenly formed through a spin coat and heat treatment all over a base. Besides, the part cladding layer 2U consists of the same material as the lower clad layer 2L, and constitutes the clad 2 which has two incomes with this lower clad layer 2L, and encloses the core 3.

[0029]Next, as shown in drawing 4, the etching mask 21 which consists of metallic materials, such as aluminum and Ti, was formed in the upper surface of the above-mentioned clad 2. [above the incidence side mirror 4 and the emission side mirror 5], the opening 22 is formed in this etching mask 21. Next, the layer part of the clad 2 which performs isotropic etching using oxygen plasma, for example, and is expressed inside the above-mentioned opening 22 was removed, and as shown in drawing 5, the incidence side concave part 7 and the outgoing radiation side concave part 8 were formed. Next, as shown in drawing 6, after exfoliating the etching mask 21, the high-refractive-index propagation control layer 6 was evenly formed by carrying out the spin coat of the polymer material whose refractive index is higher than the polymethylmethacrylate which constitutes the clad 2 all over a base, and stiffening this through heat treatment. Then, in the surface of the high-refractive-index propagation control layer 6, the photo detector 10 was mounted above the incidence side concave part 7 above the light emitting device 9 and the outgoing radiation side concave part 8, and lightwave signal transmission systems as shown in drawing 1 shown above were produced.

[0030]Example 4 -- here, a photosensitive polymer material is used as a component of the clad 2, and how to form the incidence side concave part 7 and the outgoing radiation side concave part 8 by the photolithography and a development is explained, referring to drawing 7 and drawing 8. First, as shown in drawing 7, even formation of the upper clad layer 2U was performed like above-mentioned Example 3. However, the lower clad layer 2L and the upper clad layer 2U were formed using positive type photosensitive polyimide. Next, a part of upper clad layer 2L was selectively exposed for example, using g line via photo-mask PM. On the mask substrate 23 with this transparent photo-mask PM, the light shielding layer which consists of Cr films is formed with a predetermined pattern, and the opening 25 for irradiating the upper part of the incidence side mirror 4 and the emission side mirror 5 with exposing light hnu is formed. Contact exposure or proximity exposure may be sufficient as the exposure at this time. However, since the whole thickness of the clad 2 could not be exposed, the light

exposure was set up carefully.

[0031]Next, when negatives were developed using the alkali developing solution, the exposure part which carried out depolymerize by the photochemical reaction was dissolved, and as shown in drawing 8, the incidence side concave part 7 and the outgoing radiation side intaglio part 8 were formed. Formation of the next high-refractive-index propagation control layer 6 and mounting of the light emitting device 9 and a photo detector of 10 were performed like Example 3.

[0032]Example 5 -- here, the lightwave signal transmission systems which provide the low propagation control layer of a refractive index rather than a clad and by which the interface of a clad and a propagation control layer was made the convex toward the light emitting device and the photo detector are explained, referring to drawing 9. In drawing 9, the optical waveguide which extends in the field inboard is formed on the substrate 1. This optical waveguide surrounds the core 3 by the clad 26 which consists of material whose refractive index is lower than this. In a process top, the above-mentioned clad 26 is divided and formed in the lower clad layer 26L and the upper clad layer 26U. The incidence side mirror 4 and the emission side mirror 5 are arranged on the incidence edge [of the core 3], and emitting end side like Example 1.

[0033]On the above-mentioned clad 26, the low-refractive-index propagation control layer 27 is laminated, and further in the surface of this low-refractive-index propagation control layer 27. It is mounted in the upper position of the incidence side mirror 4 by the light emitting device 9 placing a light-emitting surface upside down, and the photo detector 10 places an acceptance surface upside down, and is mounted in the upper position of the emission side mirror 5. Let the interface of the clad 2 and the high-refractive-index propagation control layer 6 be a convex toward the above-mentioned light emitting device 9 and the photo detector 10, respectively. That is, the incidence side convex part 28 and the outgoing radiation side convex part 29 are formed.

[0034]In this composition, the light emitted from the above-mentioned light emitting device 9 spreads the inside of the low-refractive-index propagation control layer 27 with a fixed angle of divergence, as shown by the figure Nakaya seal, but it is refracted in the place which reached the incidence side convex part 28, turns into propagation light which it converged almost in parallel, and spreads the clad 26. After being reflected with the incidence side mirror 4, and propagation light's entering into the core 3 and spreading the inside of this core 3, it is reflected with the emission side mirror 5, and it spreads the inside of the clad 26 to the thickness direction (rising direction) of a base again. Although it emits a little, propagation light is refracted in the place which reached the outgoing radiation side convex part 29, spreads the inside of the low-refractive-index propagation control layer 27, converging, and enters into the photo detector 10 also in the meantime. Thus, according to the above-mentioned lightwave

signal transmission systems, since it converges propagation light in the preceding paragraph and the latter part of an optical waveguide, respectively, the coupling efficiency of the light emitting device 9 and an optical waveguide and the coupling efficiency of an optical waveguide and the photo detector 10 have been improved.

[0035]As a formation method of the above-mentioned incidence side convex part 28 and the outgoing radiation side convex part 29, For example, a method of sticking on the upper surface of the flat upper clad layer 26U the member formed in convex lens shape using the same component as the clad 26, The concave part is formed in the method and the low-refractive-index propagation control layer 27 which perform direct shape working to a clad surface by laser abrasion by isotropic etching or a photolithography, and the method of embedding the same material as the clad 26 at this concave part is possible.

[0036]As mentioned above, although this invention was explained based on the example of five examples, this invention is not limited to these examples at all, and change, selection, and combination are possible for it about details, such as arrangement of the processing method of an optical waveguide or a mirror member, the number of laminations of an optical waveguide, a convex part, or a concave part, suitably, for example.

[0037]

[Effect of the Invention]According to this invention, mounting in near [of the end face of an optical waveguide] uses a difficult surface light element and a field photo detector so that clearly also from the above explanation, Also in the lightwave signal transmission systems which need to make the thickness direction of a base spread light as that result, propagation light can be completed by the refractive index of a material layer and the control of interface shape by which it is placed between these thickness directions. Therefore, the coupling efficiency of the input-and-output light between each component in a system is raised, and stable lightwave signal transmission is attained. Thereby, since the light-path-length dependency of coupling efficiency is canceled, the performance and reliability of lightwave signal transmission systems of a lamination type are also improved. Since the above-mentioned interface shape can be formed in self align by isotropic etching or a photolithography, manufacture of the above-mentioned lightwave signal transmission systems is easy. Therefore, this invention serves as indirect support of the high speed and densification of the signal wiring in various electronic equipment, and the industrial value is very large.

[Translation done.]

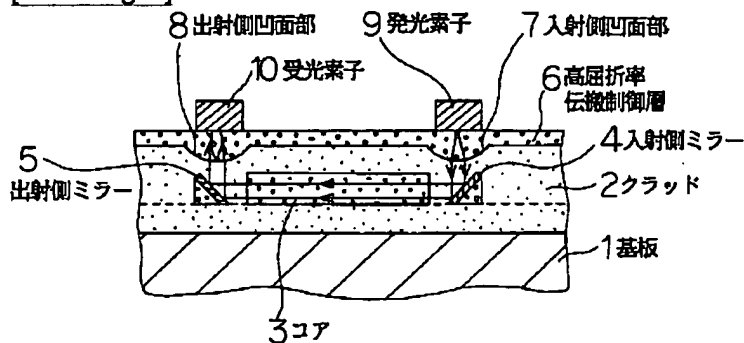
* NOTICES *

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

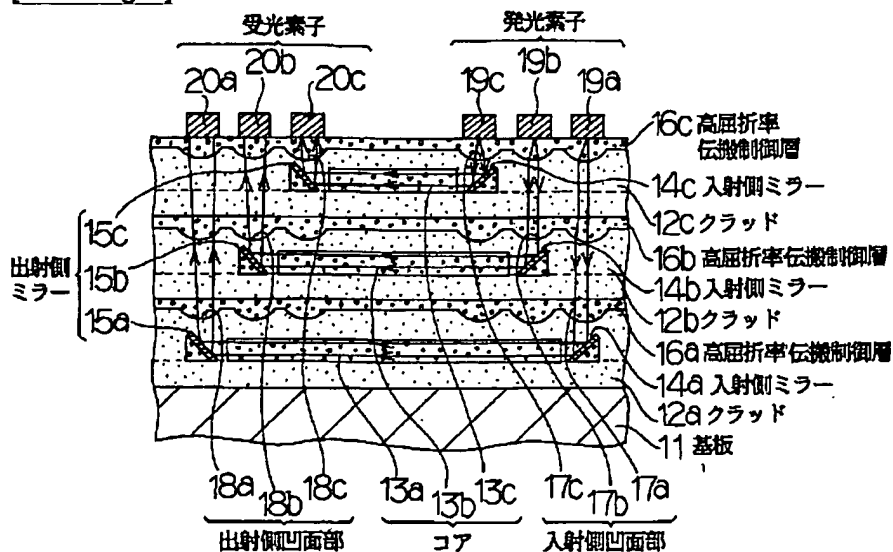
DRAWINGS

[Drawing 1]



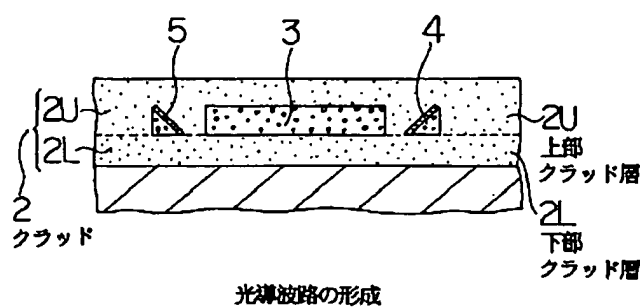
本発明の光信号伝送システムの一例

[Drawing 2]

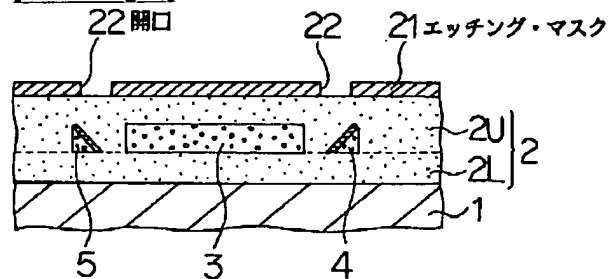


積層型の本発明の光信号伝送システムの一例

[Drawing 3]

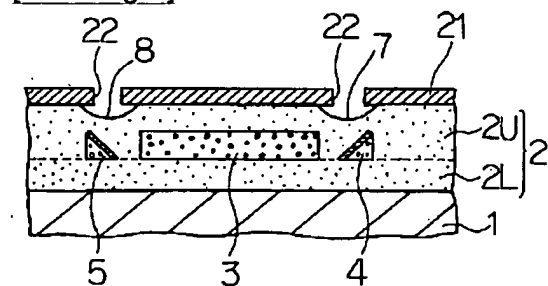


[Drawing 4]

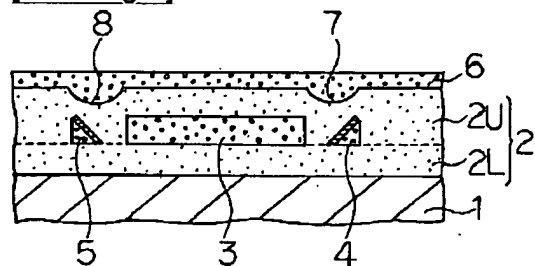


エッチング・マスクのパターニング

[Drawing 5]

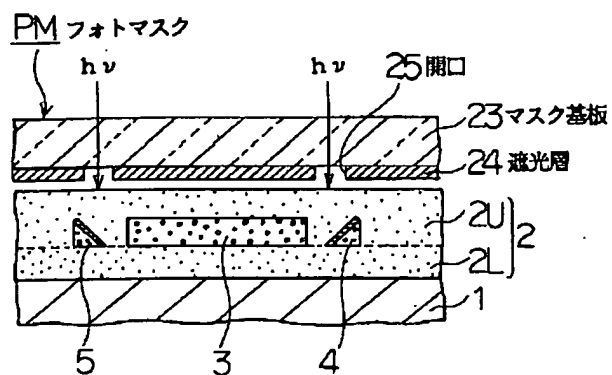
エッチングによる入射側凹面部と
出射側凹面部の形成

[Drawing 6]



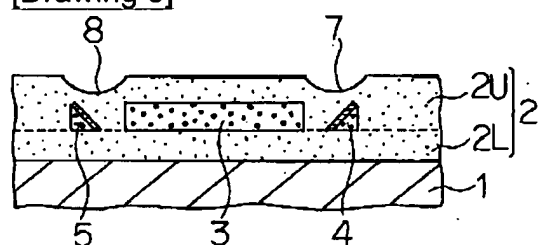
高屈折率伝搬制御層の形成

[Drawing 7]



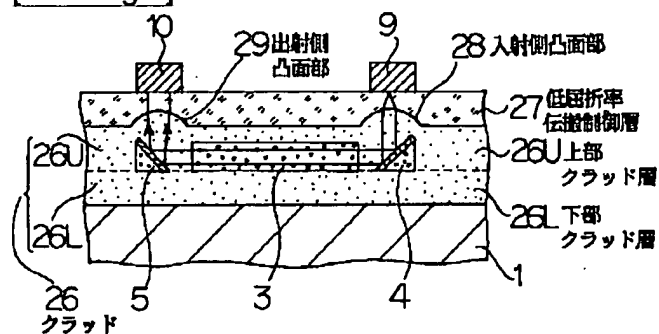
フォトマスクを介したクラッド層の選択露光

[Drawing 8]



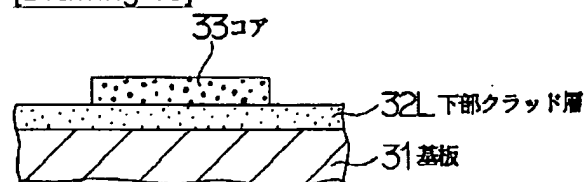
現像による入射側凹面部と出射側凹面部の形成

[Drawing 9]



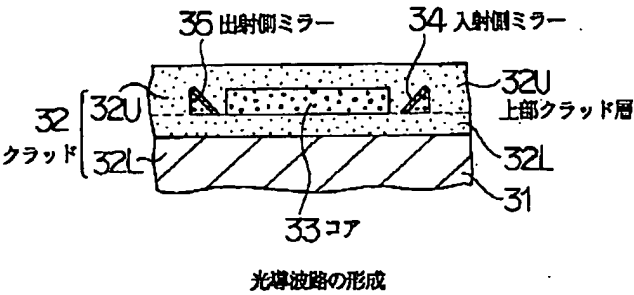
本発明の光伝送システムの他の例

[Drawing 10]

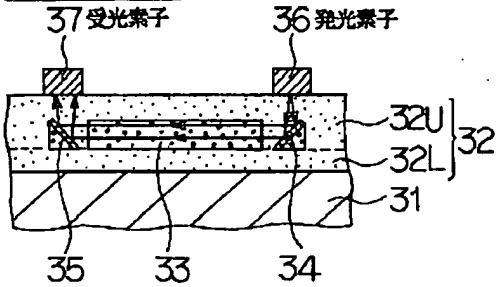


コアのバターニング (従来例)

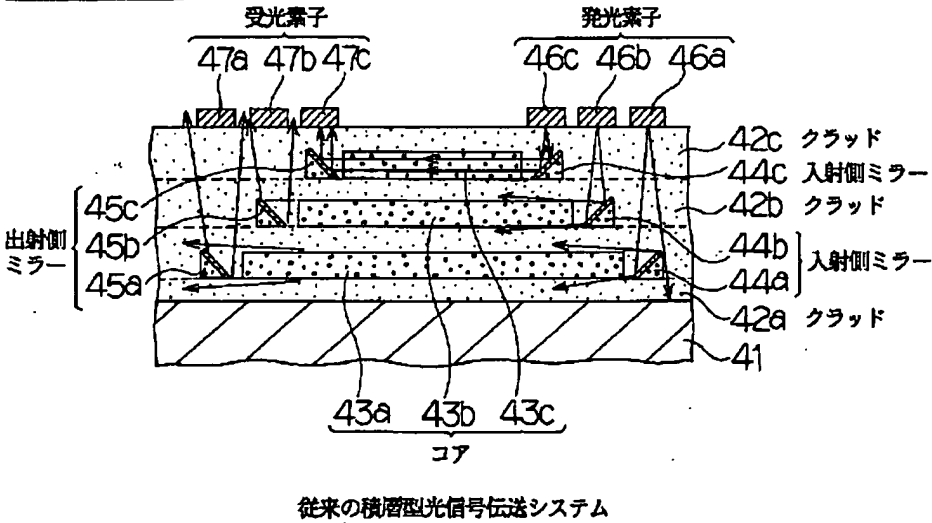
[Drawing 11]



[Drawing 12]



[Drawing 13]



[Translation done.]

(2)

特開2000-39530

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 コア部と該コア部を包囲するクラッド部とからなり、基板上にて該基板の面内方向に延在される光導波路と、

前記クラッド部も含めた基体の厚み方向に光を入射させるための発光素子と、

前記発光素子からの光の進行方向を曲げ前記光導波路へ入射させるための入射側ミラー部材と、

前記光導波路から出射した光の進行方向を前記クラッド部も含めた基体の厚み方向に曲げる出射側ミラー部材と、

前記出射側ミラー部材による反射光を受光するための受光素子とを備えた光信号伝送システムであって、

前記発光素子から前記入射側ミラー部材へ至る光路および／または前記出射側ミラー部材から前記受光素子へ至る光路の少なくとも一方の中途部に、前記クラッド部と屈折率の異なる材料からなる伝搬制御層が介在され、かつこの伝搬制御層と該クラッド部との界面が前記反射側ミラー部材および／または前記受光素子に向けて伝搬光を収束させ得る形状を備えることを特徴とする光信号伝送システム。

【請求項2】 前記クラッド部よりも屈折率の大きい材料からなる前記伝搬制御層が、前記発光素子から前記入射側ミラー部材に至る光路の中途部に介在され、該光路に重複する該伝搬制御層と該クラッド部との界面が該入射側ミラー部材に向かって凸面とされていることを特徴とする請求項1記載の光信号伝送システム。

【請求項3】 前記クラッド部よりも屈折率の大きい材料からなる前記伝搬制御層が、前記出射側ミラー部材から前記受光素子へ至る光路の中途部に介在され、該光路に重複する該伝搬制御層と該クラッド部との界面が該出射側ミラー部材に向かって凸面とされていることを特徴とする請求項1記載の光信号伝送システム。

【請求項4】 前記クラッド部よりも屈折率の小さい材料からなる前記伝搬制御層が、前記発光素子から前記入射側ミラー部材へ至る光路の中途部に介在され、該光路に重複する該伝搬制御層と該クラッド部との界面が該発光素子に向かって凸面とされていることを特徴とする請求項1記載の光信号伝送システム。

【請求項5】 前記クラッド部よりも屈折率の小さい材料からなる前記伝搬制御層が、前記出射側ミラー部材から前記受光素子へ至る光路の中途部に介在され、該光路に重複する該伝搬制御層と該クラッド部との界面が該受光素子に向かって凸面とされていることを特徴とする請求項1記載の光信号伝送システム。

【請求項6】 前記コア部、前記クラッド部、および前記伝搬制御層がいずれも高分子材料からなることを特徴とする請求項1記載の光信号伝送システム。

【請求項7】 基板上に、該基板の面内方向に延在される光導波路と、該光導波路の入射端側と出射端側にそれ

2

ぞれ配され、基体の厚み方向と基板の面内方向との間で光路を曲げるための入射側ミラー部材と出射側ミラー部材とを形成する第1工程と、

前記光導波路のクラッド部の表層部を前記入射側ミラー部材および／または前記出射側ミラー部材の上方において選択的に除去することにより、凹面部を形成する第2工程と、

基体の全面に、前記クラッド部よりも屈折率の大きな材料からなる伝搬制御層を積層する第3工程と、

前記伝搬制御層の上に、前記入射側ミラーに向けて光を放射する発光素子と、前記出射側ミラーからの光を受光する受光素子とを配設する第4工程とを有することを特徴とする光信号伝送システムの製造方法。

【請求項8】 前記第2工程では、前記入射側ミラー部材および／または前記出射側ミラー部材の上方に開口を有するエッチング・マスクを前記クラッド部の表面に形成し、この開口内に表出する該クラッド部の表層部を等方的にエッチングすることにより前記凹面部を形成することを特徴とする請求項7記載の光信号伝送システムの製造方法。

【請求項9】 前記第1工程では前記光導波路のクラッド部を感光性材料を用いて形成し、

前記第2工程ではフォトリソグラフィを用いた選択露光と現像処理を行うことにより前記凹面部を形成することを特徴とする請求項7記載の光信号伝送システムの製造方法。

【請求項10】 前記光導波路および前記伝搬制御層をいずれも高分子材料を用いて形成することを特徴とする請求項7記載の光信号伝送システムの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は光導波路を有する光信号伝送システムにおいて、面発光素子や面受光素子を用いる場合にも入出力光の結合効率を向上させ、安定な光信号伝送を可能とする構造、およびこれを簡便に製造する方法に関する。

【0002】

【従来の技術】IC技術やLSI技術の進歩によりこれらの動作速度や集積規模が向上し、マイクロプロセッサにの高性能化やメモリ・チップの大容量化が急速に進展している。このような状況下では、信号配線の高速・高密度化や電気配線遅延が上記高性能化のネックとなっている。この問題を解消し得る技術として、光インターコネクション（光配線）が注目されている。光配線は、機器装置間、機器装置内のボード間、ボード内のチップ間等、様々な階層に適用可能と考えられているが、たとえばチップ間のように比較的短距離の信号伝送には光導波路を伝送路とする光信号伝送システムが有効である。

【0003】ここで、光導波路を使用した光配線をたとえばLSI間を結ぶマルチチップモジュール（MCM）用の伝送路に応用する場合、従来からよく用いられてい

(3)

特開2000-39530

3

る端面発光型のレーザ・ダイオード（LD）や発光ダイオード（LED）を送信側の発光素子とする場合には、光導波路の入射端面の至近にこの発光素子を配することができる。しかし、省電力化や面アレイ化に有利な縦キヤビティ型面発光レーザ（VCSEL）等の面発光型のレーザ・ダイオードを発光素子として使用する場合には、上記のような配置をとることは構造上困難である。さらに、受光素子としてフォトダイオードを用いる場合、これは面受光素子であるため、やはり光導波路の出射端面の至近に配することは困難である。

【0004】この解決策のひとつとして、図12に示されるように、発光素子と受光素子とを光導波路の上方に配し、この光導波路も含めた基体の厚み方向と基板の面内方向との間でミラー部材を用いて光路を曲げる構成とした光信号伝送システムが知られている。図12において、基板31上にはその面内方向に延在される光導波路が形成されている。この光導波路は、コア33をこれより屈折率の低い材料からなるクラッド32で包囲したものである。上記クラッド32は、製法上は下部クラッド層32Lと上部クラッド層32Uに分けて形成される。コア33の入射端側と出射端側には、基板面からたとえば45°傾斜された光反射面を有する入射側ミラー34と出射側ミラー35が配され、これらの上にそれぞれ発光素子36と受光素子37とが配されている。

【0005】上記発光素子36は、発光面を downward にしてクラッド32の上面に実装されている。この発光素子36から放出された光は、図中矢印で示されるように、まずクラッド32内を基体の厚み方向（下降方向）に進み、続いて入射側ミラー34で反射されてコア33に入射され、該コア33中を伝播した後、出射側ミラー35で反射されて進行方向を基体の厚み方向（上昇方向）に進み、受光素子37に入射する。なお、図12では上記コア33中を光が直進するように描かれているが、これはあくまでも図示の便宜上のことであって、実際には所定の臨界角の範囲内で入射した光がコア33とクラッド32との界面で全反射を繰り返しながら伝播することは言うまでもない。

【0006】かかる光信号伝送システムの光導波路を高分子材料を用いて形成する場合の製造プロセスは、概略下記のとおりである。まず、図10に示されるように、シリコンやガラス等の材料からなる基板31上に、たとえばスピコートおよび熱処理により下部クラッド層32L、および該下部クラッド層32Lよりも屈折率の高いコア層をこの順に積層し、次にこのコア層をパターニングしてコア33を形成する。このパターニングは、たとえば図示されないメタル・マスクを介したドライエッチングにより行われる。

【0007】次に、図11に示されるように、上記コアの入射端側と出射端側に入射側ミラー34と出射側ミラー35を配置する。この両ミラー34、35について、

4

図11では三角形の断面形状を有する適当な基材の傾斜面上に反射膜が被着されているように図示されているが、これも便宜的な表現であり、反射膜を形成することなく基材の傾斜面をそのまま反射面として用いても良い。また、この基材をコア33と同一の材料層を用いて形成する場合には、前掲の図10に示した段階において、コア33の両端にこの基材となる部分を残しておくこともできる。さらに、基体の全面にたとえばスピコートおよび熱処理を経て上部クラッド層32Uを平坦に形成する。この上部クラッド層32Uは下部クラッド層32Lと同じ材料からなり、該下部クラッド層32Lと共働してコア33を取り囲むクラッド32を構成するものである。この後、このクラッド32の上面において、入射側ミラー34と出射側ミラー35と対面する位置にそれぞれ発光素子36と受光素子37とを実装すれば、前掲の図12に示した光信号伝送システムを構成することができる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、発光素子36からの光はある程度の発散角を有して放射され、またコア33の出射端からの光もある程度の発散角をもって出射される。このため、光信号伝送システムの構成要素間における光の結合効率を高めるためには、発光素子36と入射側ミラー34との間の距離、および出射側ミラー35と受光素子37との間の距離を、上記の発散角に合わせて最適化する必要がある。

【0009】しかし、仮にあるひとつの導波路に対してかかる最適化が行われたとしても、積層型の光信号伝送システムにおいては、各層の間で結合効率が異なるという問題が生ずる。この問題について、図13を参照しながら説明する。図13は、3層の光導波路が基体の厚み方向に積層された光信号伝送システムの一例である。基板41側の直上の層である第1層の構成要素はクラッド42a、コア43a、入射側ミラー44a、出射側ミラー45a；その上の第2層の構成要素はクラッド42b、コア43b、入射側ミラー44b、出射側ミラー45b；さらにその上の第3層の構成要素はクラッド42c、コア43c、入射側ミラー44c、出射側ミラー45cとされている。また、クラッド42cの上面には、これら各層に対応する発光素子46a、46b、46cと受光素子47a、47b、47cがそれぞれ配列されている。これら光信号伝送システムの各構成要素は、いずれも互いに他層の光結合を妨害しないような空間配置にしたがっている。

【0010】ここで、発光素子46a、46b、46cの性能がすべて同一であって等しい光の発散角を有し、また受光素子47a、47b、47cの性能がすべて同一であって等しい受光感度を有する場合、光路長の長い層ほど結合効率が低下してしまう。すなわち、第3層において発光素子46cからの光が効率良くコア43cを

(4)

特開2000-39530

5

通じて受光素子47cまで到達することができても、第2層では発散角の影響でコアに43bに導入される光が減少するために、受光素子47bへの光入射量が減少する。かかる結合効率の低下は、さらに光路長の長い第1層については一層深刻化してしまう。そこで本発明は、光の結合効率を改善すると共に、光導波路が積層された場合にもその光路長依存性を解消し、安定した信号伝送を可能とする光信号伝送システムと、その簡便な製造方法を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明の光信号伝送システムは、基板の面内方向に延在される光導波路内の入射端側と出射端側にそれぞれ設けられたミラー部材を用いて該光導波路の内部における光の進行方向と該光導波路の前後段における伝搬光の進行方向とを交換するようになされたものであって、発光素子から入射側ミラー部材へ至る光路、あるいは出射側ミラー部材から受光素子へ至る光路の少なくとも一方の中途部に、光導波路のクラッド部と屈折率の異なる材料からなる伝搬制御層を介在させ、かつこの伝搬制御層と該クラッド部との界面に入射側ミラー部材、あるいは受光素子の少なくとも一方に向けて伝搬光を収束させ得る形状を与えることにより、結合効率を高めるようになされたものである。

【0012】上記光信号伝送システムの構造として、特に製造プロセスの観点から達成容易であると考えられるものは、伝搬制御層とクラッド部との間の界面が入射側ミラー部材、あるいは出射側ミラー部材の少なくとも一方に向かって凸面とされ、しかも伝搬制御層の屈折率がクラッド部の屈折率よりも大とされる構造である。なぜなら、かかる凸面は、クラッドの表層部を選択的に除去すれば形成できるからである。

【0013】

【発明の実施形態】本発明の光信号伝送システムは、発光素子から入射側ミラー部材へ至る光路、または出射側ミラー部材から前記受光素子へ至る光路、もしくはこれら両方の光路の中途部に介在される伝搬制御層の屈折率による効果と、該伝搬制御層と該クラッド部との界面形状の効果との組合せにより、該クラッド部を含めた基体の厚み方向における伝搬光の収束性を向上させるものである。伝搬制御層は上記の光路のいずれか一方の中途部に介在されていてもよく、片方だけでも結合効率はある程度向上する。しかし、両方の光路に介在されている場合の方がシステム全体の結合効率を高め得ることは自明である。また、基体上における最も一般的な薄膜の形成プロセスでは、特にパターニングを行わない限り該薄膜は基体の全面に積層されるので、伝搬制御層をクラッド部の表面の全面に積層すれば、この層は必然的に両方の光路上に介在されることになる。

【0014】上記伝搬制御層は、屈折率の異なるクラッド部と直接に接触して界面を形成し得る限りにおいて、

5

光路のいかなる場所に介在されていても構わない。したがって、伝搬制御層が必ずしも基体の最表層部を構成する必要はない。光路に重複する部分の上記界面の形状は、伝搬制御層とクラッド部との屈折率の大小関係によって異なる。すなわち、伝搬制御層の屈折率がクラッド部の屈折率よりも大きい場合には、上記界面を入射側ミラー、または出射側ミラー、あるいはこれらの両方に向かって凸面とする。逆に、伝搬制御層の屈折率がクラッド部の屈折率よりも小さい場合には、上記界面を発光素子、または受光素子、あるいはこれらの両方に向かって凸面とする。

【0015】ところで、光導波路を構成するクラッド部とコア部、さらに本発明において設けられる伝搬制御層に要求される条件としては、透明性が高く導波損失が少ないこと、屈折率や体積の経時変化が少ないこと、発光・受光素子のほんだ衰減を考慮して耐熱性に優れること、が挙げられる。これらの条件を満たす材料として、無機材料では石英、有機材料ではエポキシ系やアクリル系等の紫外線硬化樹脂、ポリイミド等の高分子材料が知られている。特に高分子材料は、コストが低く、低温プロセスによる作製が可能で、しかも大面積化への対応も容易であるといったメリットを有する。

【0016】伝搬制御層とクラッド部との界面を入射側ミラーまたは出射側ミラーの少なくとも一方に向かって凸面とする場合には、クラッド部の表層部に何らかの方法で凹面部を形成すればよい。かかる凹面部の形成方法としては、大別して等方的なエッチングによりクラッド部の表層部を除去する方法と、選択露光と現像を組み合わせた方法とが考えられる。等方的なエッチングを行う場合には、クラッド部の表面において、入射側ミラー部材、または出射側ミラー部材の上方の少なくとも一方に開口を有するエッチング・マスクを形成し、この開口内に表出する該クラッド部の表層部を除去する。等方的なエッチングは適当なエッチング液を用いたウェットエッチング、あるいはラジカル反応を主体とするドライエッチングにより典型的に行うことができる。

【0017】一方、選択露光と現像により凹面部を形成するには、クラッド部がフォトリソに代表される感光性材料により構成されていることが前提となる。しかも、露光による光化学反応の進行部位をクラッド部の表層部に限定させることを考慮すると、露光部において低分子化が進行するボジ型の感光材料を用いることが実用上特に好適である。

【0018】

【実施例】以下、本発明の具体的な実施例について説明する。

【0019】実施例1

ここでは、クラッド部よりも屈折率の高い伝搬制御層を有し、かつクラッド部と伝搬制御層との界面が入射側ミラーおよび出射側ミラーに向かって凸面とされた光信号

(5)

特開2000-39530

7

伝送システムの一構成例について、図1を参照しながら説明する。図1において、基板1上にはその面内方向に延在される光導波路が形成されている。この光導波路は、コア3をこれより屈折率の低い材料からなるクラッド2で包囲したものである。上記クラッド2は、製法上は下部クラッド層2Lと上部クラッド層2Uに分けて形成されたものである。コア3の入射側側面と出射側側面には、基板面からたとえば45°傾斜された光反射面を有する入射側ミラー4と出射側ミラー5が配されている。

【0020】上記クラッド2の上には高屈折率伝導制御層6が積層されている。クラッド2と高屈折率伝導制御層6との界面には、それぞれ上記入射側ミラー4および出射側ミラー5に向かって凸面部が形成されている。これら凸面部は、クラッド2の表面を基準として考えれば凹面部、つまり入射側凹面部7と出射側凹面部8である。さらに、上記の高屈折率伝導制御層6の表面において、上記入射側凹面部7に対応する部位には発光素子9、上記出射側凹面部8に対応する部位には受光素子10がそれぞれ配されている。

【0021】上記発光素子9は、発光面を下向きにして高屈折率伝導制御層6の上面に装着されている。この発光素子9から放出された光は、図中矢印で示されるように、一定の発散角をもって高屈折率伝導制御層6の内部を伝播するが、入射側凹面部7に達したところで屈折し、ほぼ平行に収束された伝導光となってクラッド2中を伝播する。伝導光は入射側ミラー4で反射されてコア3に入射し、該コア3中を伝播した後、出射側ミラー5で反射されて再びクラッド2中を基体の厚み方向（上昇方向）に伝播する。この間にも伝導光は若干発散するが、出射側凹面部8に達したところで屈折し、収束されながら高屈折率伝導制御層6中を伝播し、受光素子10に入射する。

【0022】なお、図1では上記コア3中を光が直進するように描かれているが、これはあくまでも図示の便宜上のことであって、実際には所定の臨界角の範囲内で入射した光がコア3とクラッド2との界面で全反射を繰り返しながら伝播することは言うまでもない。このように、上記の光信号伝送システムによれば、光導波路の前段と後段でそれぞれ伝導光が収束されるため、発光素子9と光導波路の結合効率、および光導波路と受光素子10との結合効率が改善された。

【0023】実施例2

ここでは、高屈折率伝導制御層とクラッド部との界面に凹面部を設けた構造を3段階に積層した積層型の光信号伝送システムの一構成例について、図2を参照しながら説明する。図2は、3層の光導波路が基体の厚み方向に積層された光信号伝送システムの一側である。基板11側の直上の層である第1層の構成要素はクラッド12a、コア13a、入射側ミラー14a、出射側ミラー15aおよび高屈折率伝導制御層16a；その上の第2

8

層の構成要素はクラッド12b、コア13b、入射側ミラー14b、出射側ミラー15bおよび高屈折率伝導制御層16b；さらにその上の第3層の構成要素はクラッド12c、コア13c、入射側ミラー14c、出射側ミラー15cおよび高屈折率伝導制御層16cとされている。

【0024】各層において、クラッド12a、12b、12cと高屈折率伝導制御層16a、16b、16cとの各界面には、入射側凹面部17a、17b、17cおよび出射側凹面部18a、18b、18cがそれぞれ形成されている。図2に示される例では、作製を容易とするために、各層における凹面部の形成パターンをすべて共通としてある。また、最上層の高屈折率伝導制御層16cの上面には、これら各層に対応する発光素子19a、19b、19cと受光素子20a、20b、20cがそれぞれ配列されている。これら光信号伝送システムの各構成要素は、いずれも互いに他層の光結合を妨害しないような空間配置にしたがっている。

【0025】かかる構成において、発光素子19aからの光は3カ所の入射側凹面部17c、17b、17aと3層のクラッド12c、12b、12aを通過し、入射側ミラー14aで進路を曲げられて第1層の光導波路のコア13aを通過し、出射側ミラー15aにより反射され、3カ所の出射側凹面部18a、18b、18cと3層のクラッド12a、12b、12cを通過して受光素子20aに受光される。同様に、発光素子19bからの光は、第2層の光導波路の前段で2カ所の入射側凹面部17c、17bを通過し、また後段で2カ所の出射側凹面部18b、18cを通過する。発光素子19cからの光は、第3層の光導波路の前段で1カ所の入射側凹面部17cを通過し、また後段で1カ所の出射側凹面部18cを通過する。つまり、基体の表面から深い層にある光導波路に導入される光ほど、光導波路の前段および後段において多数の凹面部を通過し、そのたびに伝導光は収束されることになる。したがって、従来のような結合効率の光路長依存性が解消され、どの深さの層においても良好な結合効率が達成される。

【0026】なお、図2に示した例では、作製の容易さを念頭に置き、各層における凹面部の形成パターンをすべて共通としたために、層によっては上側の層のミラーに遮蔽されて光の収束に全く寄与していない凹面部も備えている。そこで、各層ごとに凹面部の形成パターンを変え、光の収束に寄与しない部位の凹面部を最初から形成しないようにしてもよい。その一方で、基体の表面から深い層にある光導波路を通過する伝導光は、同じ形の凹面部を何カ所も通過することになる。これでももちろん構わないが、高屈折率伝導制御層の屈折率や凹面部の曲率を各層ごとに最適化することにより、通過すべき凹面部の数を減らすことも可能である。

【0027】実施例3

(6)

特開2000-39530

9

10

ここでは、前掲の図1に示した光信号伝送システムの光導波路および高屈折率伝搬制御層6の構成材料として高分子材料を用い、凹面部をエッチングで形成する場合の製造プロセスについて、図3ないし図6を参照しながら説明する。まず、図3に示されるように、シリコンやガラス等の材料からなる基板1上に、たとえばポリメチルメタクリレートのスピンコートおよび熱処理を経て下部クラッド層2L、および該下部クラッド層2Lよりも屈折率の高いコア層をこの順に積層し、次にこのコア層をパターンニングしてコア3を形成した。このパターンニングは、たとえば図示されないメタル・マスクを介したドライエッチングにより行われる。

【0028】次に、図4に示されるように、上記コアの入射端側と出射端側に入射側ミラー4と出射側ミラー5を形成した。この両ミラー4、5について、図4では三角形の断面形状を有する着当な基材の傾斜面上に反射膜が被着されているように図示されているが、これも便宜的な表現であり、反射膜を形成することなく基材の傾斜面をそのまま反射面として用いても良い。また、この基材をコア3と同一材料層を用いて形成する場合には、前掲の図3に示した段階において、コア3の両端にこの基材となる部分を残しておくこともできる。さらに、基体の全面にたとえばスピンコートおよび熱処理を経て上部クラッド層2Uを平坦に形成する。この上部クラッド層2Uは下部クラッド層2Lと同じ材料からなり、該下部クラッド層2Lと共働してコア3を取り囲むクラッド2を構成するものである。

【0029】次に、図4に示されるように、上記クラッド2の上面にたとえばAl、Ti等の金属材料からなるエッチング・マスク21を形成した。このエッチング・マスク21には、入射側ミラー4および出射側ミラー5の上方において開口22が設けられている。次に、たとえば酸素プラズマを用いた等方的なエッチングを行って上記開口22の内部に突出するクラッド2の突出部を除去し、図5に示されるように、入射側凹面部7と出射側凹面部8とを形成した。次に、図6に示されるように、エッチング・マスク21を剥離した後、基体の全面にクラッド2を構成するポリメチルメタクリレートよりも屈折率の高い高分子材料をスピンコートし、熱処理を経てこれを硬化させることにより、高屈折率伝搬制御層6を平坦に形成した。この後、高屈折率伝搬制御層6の表面において、入射側凹面部7の上方に発光素子9、出射側凹面部8の上方に受光素子10を実装し、前掲の図1に示したような光信号伝送システムを作製した。

【0030】実施例4

ここでは、クラッド2の構成材料として感光性高分子材料を使用し、入射側凹面部7と出射側凹面部8とをフォトリソグラフィと現像処理で形成する方法について、図7および図8を参照しながら説明する。まず、図7に示されるように、上部クラッド層2Uの形成までを上述の

実施例3と同様に行った。ただし、下部クラッド層2Lと上部クラッド層2Uはボシ型感光性ポリイミドを用いて形成した。次に、フォトリソマスクPMを介して上部クラッド層2Uの一部をたとえば図7を用いて選択的に露光した。このフォトリソマスクPMは、透明なマスク基板23上にたとえばCr膜からなる遮光層が所定のパターンをもって形成されたものであり、入射側ミラー4と出射側ミラー5の上方部分に露光光ホンを照射するための開口25が設けられている。このときの露光は、コンタクト露光でもプロキシミティ露光でもよい。ただし、クラッド2の厚み全体を感光させてはならないので、露光量は慎重に設定した。

【0031】次に、アルカリ現像液を用いて現像を行ったところ、光化学反応により低分子化した露光部が溶解され、図8に示されるように入射側凹面部7と出射側凹面部8とが形成された。この後の高屈折率伝搬制御層6の形成、発光素子9と受光素子10の実装は、実施例3と同様に行った。

【0032】実施例5

ここでは、クラッドよりも屈折率の低い伝搬制御層を設け、かつクラッドと伝搬制御層の界面が発光素子および受光素子に向かって凸面とされた光信号伝送システムについて、図9を参照しながら説明する。図9において、基板1上にはその面内方向に延在される光導波路が形成されている。この光導波路は、コア3をこれより屈折率の低い材料からなるクラッド26で包囲したものである。上記クラッド26は、製法上は下部クラッド層26Lと上部クラッド層26Uに分けて形成されたものである。コア3の入射端側と出射端側には、実施例1と同様、入射側ミラー4と出射側ミラー5が配されている。

【0033】上記クラッド26の上には低屈折率伝搬制御層27が積層されており、さらにこの低屈折率伝搬制御層27の表面には、入射側ミラー4の上方位置に発光素子9が発光面を下向きにして実装され、また出射側ミラー5の上方位置に受光素子10が受光面を下向きにして実装されている。クラッド2と高屈折率伝搬制御層6との界面は、それぞれ上記発光素子9および受光素子10に向かって凸面とされている。すなわち、入射側凸面部28と出射側凸面部29が形成されている。

【0034】かかる構成において、上記発光素子9から放出された光は、図中矢印で示されるように、一定の発散角をもって低屈折率伝搬制御層27の内部を伝搬するが、入射側凸面部28に達したところで屈折し、ほぼ平行に収束された伝搬光となってクラッド26を伝搬する。伝搬光は入射側ミラー4で反射されてコア3に入射し、該コア3中を伝搬した後、出射側ミラー5で反射されて再びクラッド26中を基体の厚み方向（上昇方向）に伝搬する。この間にも伝搬光は若干発散するが、出射側凸面部29に達したところで屈折し、収束されながら低屈折率伝搬制御層27中を伝搬し、受光素子10に入

(7)

特開2000-39530

11

射する。このように、上記の光信号伝送システムによれば、光導波路の前段と後段でそれぞれ伝搬光が収束されるため、発光素子9と光導波路の結合効率、および光導波路と受光素子10との結合効率が改善された。

【0035】なお、上記の入射側凸面部28および出射側凸面部29の形成方法としては、たとえばクラッド26と同じ構成材料を用いて凸レンズ状に形成した部材を平坦な上部クラッド層26uの上面に貼り付ける方法、レーザ・アブレーションでクラッド表面に対して直接的な形状加工を行う方法、低屈折率伝導制御層27に等方性エッチングやフォトリソグラフィにより凹面部を形成しておき、この凹面部にクラッド26と同じ材料を埋め込む方法が可能である。

【0036】以上、本発明を5例の実施例にもとづいて説明したが、本発明はこれらの実施例に何ら限定されるものではなく、たとえば光導波路やミラー部材の加工方法、光導波路の積層数、凸面部や凹面部の配置等の細部については、適宜変更、選択、組合せが可能である。

【0037】

【発明の効果】以上の説明からも明かなように、本発明によれば、光導波路の端面の至近に実装することが困難な面発光素子や面受光素子を用い、その結果として基体の厚み方向に光を伝搬させる必要がある光信号伝送システムにおいても、この厚み方向に介在される材料層の屈折率と界面形状の制御により伝搬光を収束させることができる。したがって、システム内の各構成要素間の入出力光の結合効率を向上させ、安定した光信号伝送が可能となる。これにより、結合効率の光路長依存性が解消されるので、積層型の光信号伝送システムの性能や信頼性も改善される。上記の界面形状は、等方性エッチングやフォトリソグラフィにより自己整合的に形成することができるので、上記光信号伝送システムの製造は容易である。したがって、本発明は様々な電子機器における信号配線の高速・高密度化の間接的支援となるものであり、その産業上の価値は極めて大きい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光信号伝送システムの一構成例を示す模式的断面図である。

【図2】光導波路を複数層積層した本発明の光信号伝送システムの一構成例を示す模式的断面図である。

【図3】図1の光信号伝送システムの製造方法において、入射側ミラーと出射側ミラーを備えた光導波路が形

12

成された状態を示す模式的断面図である。

【図4】図3のクラッドの上でエッチング・マスクをパターンニングした状態を示す模式的断面図である。

【図5】図4のエッチング・マスクを介してクラッドの表面層部をエッチングすることにより、入射側凹面部と出射側凹面部とを形成した状態を示す模式的断面図である。

【図6】図5のクラッドの上面に高屈折率伝導制御層を積層した状態を示す模式的断面図である。

【図7】本発明の光信号伝送システムの製造方法の他の例において、ボシ型感光性高分子材料からなるクラッドにフォトマスクを介して選択露光を行っている状態を示す模式的断面図である。

【図8】図7のクラッド層を現像して入射側凹面部と出射側凹面部とを形成した状態を示す模式的断面図である。

【図9】クラッドの表面に凸面部を設け、かつその上に低屈折率伝導制御層を積層した本発明の光信号伝送システムの他の構成例を示す模式的断面図である。

【図10】従来の光信号伝送システムの製造方法において、下部クラッド層の上でコアをパターンニングした状態を示す模式的断面図である。

【図11】図10のコアの入出力端に入射側ミラーと出射側ミラーを配し、上部クラッド層を積層して光導波路を完成した状態を示す模式的断面図である。

【図12】図11の光導波路に発光素子と受光素子とを組み合わせて構成された従来の光信号伝送システムの構成例を示す模式的断面図である。

【図13】光導波路を複数層積層した従来の光信号伝送システムの一構成例を示す模式的断面図である。

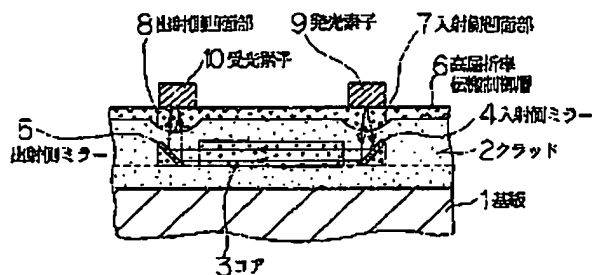
【符号の説明】

1…基板 2、12a、12b、12c、26…クラッド 2L、26L…下部クラッド層 2U、26U…上部クラッド層 3、13a、13b、13…コア 4、14a、14b、14c…入射側ミラー 5、15a、15b、15c…出射側ミラー 6、16a、16b、16c…高屈折率伝導制御層 7、17a、17b、17c…入射側凹面部 18、18a、18b、18c…出射側凹面部 9、19a、19b、19c…発光素子 20、20a、20b、20c…受光素子 21…エッチング・マスク 27…低屈折率伝導制御層 28…入射側凸面部 29…出射側凸面部 PM…フォトマスク

(8)

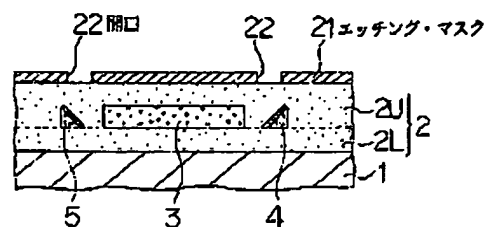
特開2000-39530

【図1】



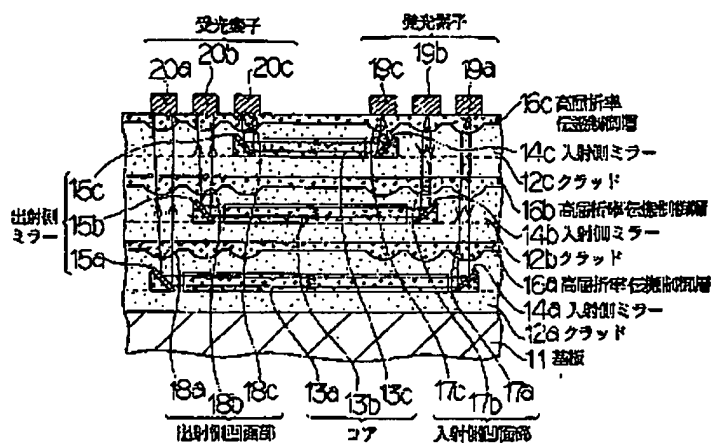
本発明の光信号伝送システムの一側

【図4】



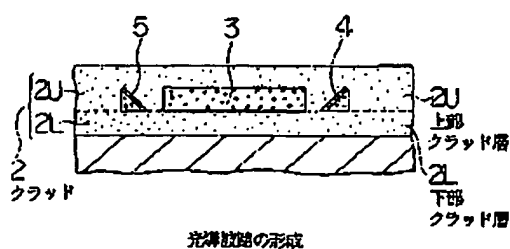
エッチング・マスクのパターンニング

【図2】



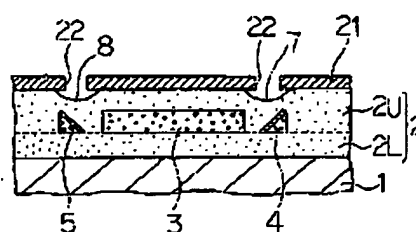
積層型の本発明の光信号伝送システムの一側

【図3】



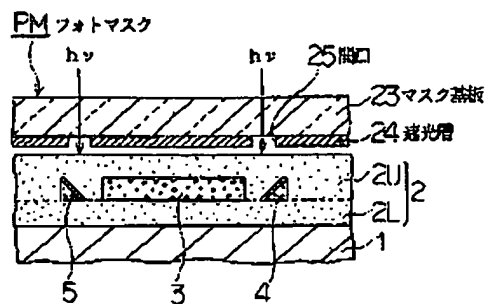
光導波路の形成

【図5】

エッチングによる入射側凹面部と
出射側凹面部の形成

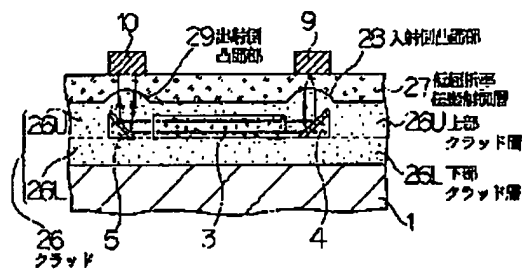
特開2000-39530

【图7】



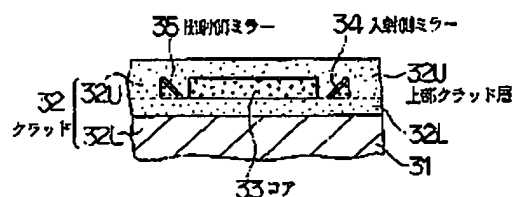
フォトマスクを介したクラッド層の選択露光

【圖9】



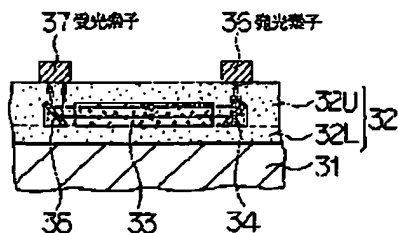
本発明の光伝送システムの他の例

【图 11】



光導波路の形成

光導波路の形成

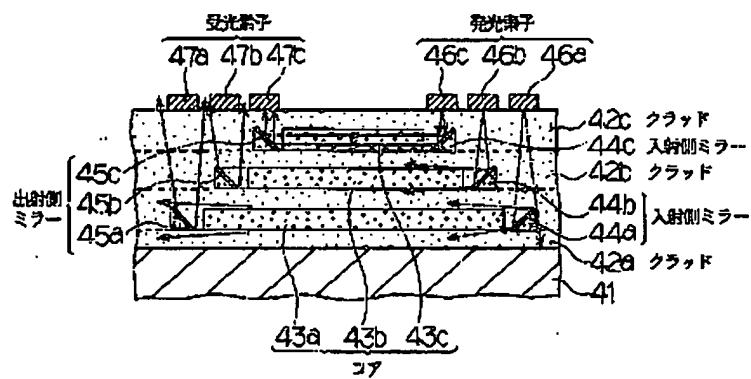


従来の光信号伝送システム

(10)

特開2000-39530

【図13】



従来の波導型光信号伝送システム